

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

*Campus Baixada Santista*

JORGE FERNANDO TAVARES DE SOUZA

**EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO AGUDO  
REALIZADO NA INTENSIDADE DO LV-I E EM  
ALTITUDE SIMULADA NO HUMOR E BEM  
ESTAR**

Santos

2011

JORGE FERNANDO TAVARES DE SOUZA

# **EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO AGUDO REALIZADO NA INTENSIDADE DO LV-I E EM ALTITUDE SIMULADA NO HUMOR E BEM ESTAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de São Paulo como parte dos  
requisitos para obtenção do título de bacharel em  
Educação Física - Modalidade Saúde

**Orientador (a):** Prof. Dra. Hanna Karen Moreira Antunes

Santos  
2011

JORGE FERNANDO TAVARES DE SOUZA

**EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO AGUDO  
REALIZADO NA INTENSIDADE DO LV-I E EM  
ALTITUDE SIMULADA NO HUMOR E BEM  
ESTAR.**

Este exemplar corresponde a redação final do trabalho de Conclusão de Curso defendido por Jorge Fernando Tavares de Souza e aprovado pela Banca Examinadora em 06/12/2011.

Prof. Dra. Hanna Karen Moreira Antunes  
**Orientadora**

Santos  
2011

**Banca Examinadora**



---

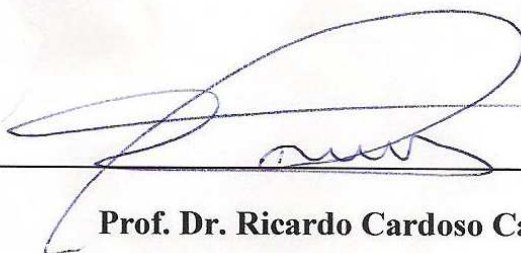
**Profa. Dra. Hanna Karen Moreira Antunes**

**Orientadora**



---

**Prof. Dr. Ronaldo Vagner Thomatieli dos Santos**



---

**Prof. Dr. Ricardo Cardoso Cassilhas**

A todos os meus familiares, em especial meus pais, Fátima e Marcelo,

A minha melhor amiga, Fernanda,

A minha amiga e companheira de pesquisa, Sara,

A minha professora, orientadora e amiga, Hanna.

## **Agradecimentos**

A Deus, por me dar saúde e forças para conquistar aquilo que sempre almejei, por colocar em meu caminho oportunidades e pessoas que me fizeram crescer pessoal e profissionalmente.

As duas pessoas mais incríveis que poderiam existir na minha vida, Fátima e Marcelo. Por serem mais do que meus pais, por serem meus amigos, meus companheiros, meus conselheiros. Agradeço por estarem ao meu lado incondicionalmente, nos momentos bons e ruins, me apoiando, me incentivando, me ensinando. E acima de tudo, por todo amor que eles me deram em toda a minha vida.

A todos os meus familiares, que apesar da distância, nunca deixaram de se preocupar comigo e jamais deixaram de torcer pelo meu sucesso. Se hoje estou aqui eu devo muito a minha bisavó Amélia, as minhas avós Neide e Ofélia, as minhas tias Tânia, Angélica, Eliana, Sandra e Cláudia, aos meus tios Fernando, Leandro, Sílvio e Alexandre e aos meus primos Artur, Luiz, Júlia, Bruna e Pietro.

A Fernanda, pessoa muito especial pela qual tenho profunda admiração, respeito e carinho, e que tive a oportunidade e a felicidade de conviver ao longo dos últimos quatro anos. Agradeço a ela por estar ao meu lado durante todo o tempo e por ser tão essencial, sempre me auxiliando e me apoiando nas horas em que mais precisei, dedicando toda a sua atenção e amor e me dando forças para alcançar meus objetivos.

A minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Hanna Karen, pessoa sem a qual eu não estaria aqui. Agradeço a ela por me guiar durante praticamente toda a minha vida acadêmica, por acreditar e confiar em mim, pela paciência, pelos ensinamentos e por ser mais do que uma professora, uma grande amiga.

Ao meu grupo de pesquisa composto por Sara, Samile, Edgar e o Prof. Dr. Ronaldo Thomatieli. Obrigado pela convivência harmoniosa, por todos os momentos de aprendizado e de dificuldades que foram vencidas por todos nós. Agradeço pela nossa amizade, pela nossa união e por tudo que aprendi com vocês e que com certeza levarei comigo por toda a minha vida.

A minha turma, a EDUCA 03, por fazer desses quatro anos os melhores da minha vida. Por todo o nosso companheirismo, nossa amizade e por todos os momentos inesquecíveis que passamos juntos. Agradeço por fazer parte dessa família.

Ao Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício (CEPE) e seus funcionários, por me proporcionarem a oportunidade de utilizar o espaço e a infra-estrutura para a realização desta pesquisa. A todos os estagiários que participaram e auxiliaram no projeto. A todos os voluntários que participaram do estudo e que o tornaram possível.

A todos os docentes do curso de Educação Física – Modalidade Saúde, não somente pelo conteúdo específico, mas por me fazerem crescer como pessoa e como educador físico.

Aos meus amigos de infância, Marcelo, Cláudio e Bruno. Com eles sei o verdadeiro significado da palavra amizade, já que provamos que não importa o tempo e a distância, estamos juntos para o que der e vier.

MUITO OBRIGADO!

## RESUMO

Com intuito de investigar os efeitos do exercício físico agudo realizado por 45 minutos na intensidade do LV-I no bem estar e no humor na condição de hipóxia simulada, 10 voluntários jovens, fisicamente ativos e hígidos, foram selecionados. Inicialmente os voluntários foram submetidos a um teste progressivo até exaustão voluntária máxima para determinação da intensidade do LV-I, e posteriormente submetidos a 2 tipos de protocolos de exercício físico, todos na mesma intensidade, diferindo apenas na altitude simulada: 1) nível do mar; 2) 4500m. Foram utilizados questionários que avaliam o perfil de humor e as respostas afetivas causadas pelo exercício físico e o bem-estar, que foram aplicados nos seguintes momentos: basal, imediatamente após, 30' e 60' após o término do exercício. Como resultados, encontrou-se alterações psicobiológicas quando o exercício físico foi realizado em hipóxia simulada, sendo esses resultados marcados por uma resposta ansiogênica, acompanhada de diminuição de bem-estar, aumento de fadiga e alterações no perfil de humor. Além disso, também foram identificadas diminuições significativas das porcentagens da saturação da oxihemoglobina pós exercício, retornando aos padrões de normalidade em 60' da realização do exercício. Desta forma, nossos dados sugerem que o exercício físico realizado na intensidade do LV-I em uma condição de hipóxia simulada produziu alterações psicobiológicas importantes, sendo essas percebidas de forma mais marcante em relação ao aumento dos escores de ansiedade, diminuição da percepção de bem-estar e alterações do perfil de humor. Essas alterações foram acompanhadas por uma mudança nas porcentagens de saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial, podendo esta estar relacionada as mudanças psicobiológicas encontradas. Mais estudos a fim de se estabelecer uma possível relação causa-efeitos são necessários, particularmente aqueles que envolvam um maior número de voluntários e um maior tempo de exposição a hipóxia.

**Palavras-chaves:** exercício físico, hipóxia, limiar ventilatório 1, aspectos psicobiológicos



## ABSTRACT

To investigate the effects of acute physical exercise performed by 45 minutes in the Ventilatory Threshold –I (VT-I) intensity on well-being and mood during hypoxia simulation condition, 10 healthy young and healthy volunteers were selected. Initially the volunteers were submitted to a progressive load test until the voluntary exhaustion in order to determine VT-I, and subsequently the subjected performed two exercise protocols: 1) sea level and 2) 4500m. To assess the profile of mood and affective responses caused by exercise, questionnaires was applied at the following time-corse: baseline, immediately after, 30 'and 60' after the exercise. As a result, we find that there psychobiological changes when the exercise was conducted in simulated hypoxia, and these results marked by an anxiogenic response, accompanied by decreased well-being, increased fatigue and alterations in mood profile. In addition, significant decreases were also identified percentages of oxyhemoglobin after exercise, returning to normal range in 60' of post-exercise. Thus, our data suggest that physical exercise on the intensity of the VT-I in a simulated condition of hypoxia produced significant psychobiological changes, and those perceived to be more relevant in relation to the increase in anxiety scores, reduced perception of well- being and the profile of mood changes. These changes were accompanied by a change in the percentages of oxyhemoglobin saturation, which may be related to psychobiological changes found. Further studies in order to establish a possible cause and effects are necessary, particularly those involving a greater number of volunteers and a longer time to exposure to hypoxia.

**Keywords:** exercise, hypoxia, ventilatory threshold, psychobiological aspects

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>19</b>
2.1- Procedimentos éticos.....	19
2.2 - Descrição da amostra .....	20
2.3 - Descrição dos protocolos experimentais:.....	20
Exercício:.....	20
Câmara de Simulação de Altitude: .....	22
Humor:.....	22
Oxímetro de Pulso: .....	24
Análise Estatística .....	24
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>38</b>

# 1. INTRODUÇÃO

O homem é o único ser vivo nativo das regiões ao nível do mar que se expõe, propositadamente e por outras razões que não as de sobrevivência, aos rigores e à adversidade dos ambientes hipóxicos característicos das regiões montanhosas de elevada altitude (MAGALHÃES *et al.*, 2002). Mais de 40 milhões de pessoas vivem, trabalham, viajam e se divertem em elevações terrestres entre 3.048 m e 5.486 m acima do nível do mar. São pessoas que praticam caminhadas árduas, alpinismo, esqui, entre outras atividades, ou simplesmente vão até lá para conhecer um novo ambiente, um novo país e uma nova cultura (MCARDLE *et al.*, 2008).

A prática de atividades físicas em altitude tem aumentado significativamente ao longo dos anos, e levando em conta que grande parte desses praticantes residem ao nível do mar, a exposição aguda a ambientes de altitude poderá traduzir-se numa elevada agressão orgânica. Por estas razões, grande ênfase tem sido dada ao estudo da resposta fisiológica do homem à exposição a ambientes de altitude. A fisiologia de altitude tem como objeto de estudo descrever e interpretar as respostas fisiológicas, agudas e crônicas, do organismo à exposição a ambientes de moderada (1400 a 3000 m) ou elevada altitude (3000 a 8850 m). A exposição aguda ou crônica a ambientes de altitude e a prática simultânea de atividades físicas induzem níveis de *stress* fisiológico acrescidos, devido às condições de hipotermia, hipohidratação, hipoglicemia e, particularmente, hipóxia hipobárica a que estão associadas (MAGALHÃES *et al.*, 2002).

A elevação da altitude faz com que a pressão barométrica em relação ao nível do mar diminua, resultando em uma redução da pressão parcial de oxigênio para o organismo (sangue e tecidos corporais) (RODWAY *et al.*, 2003; LEMOS *et al.*, 2010). A esta diminuição da parcialidade da oferta de O<sub>2</sub> denomina-se hipóxia, responsável por respostas às grandes altitudes (SHARP e BERNAUDIN, 2004; LEMOS *et al.*, 2010). Portanto, de modo geral, os efeitos agudos e crônicos da hipóxia podem acarretar no ser humano alterações fisiológicas e também cerebrais (ORTEGA *et al.*, 2004; LEMOS *et al.*, 2010).

A densidade do ar diminui progressivamente ao elevar-se acima do nível do mar. Por exemplo, a pressão barométrica ao nível do mar é, em média, de 760 mmHg; aos 3.048 m, o barômetro registra 510 mmHg; e em uma elevação de 5.486 m, a pressão de uma coluna de ar na superfície da Terra é aproximadamente a metade de sua pressão ao nível do mar. O ar ambiente seco ao nível do mar e numa determinada altitude contém 20,93% de oxigênio,

enquanto a  $PO_2$  (densidade das moléculas de oxigênio) do ar diminui diretamente com a queda na pressão atmosférica ao ascender para maiores altitudes (MCARDLE *et al.*, 2008).

Segundo Alves *et al.* (2008), durante a hipóxia aguda, observa-se uma gradação de estágios, cujas alterações fisiológicas variam de acordo com a altitude da seguinte forma:

a) Estágio indiferente - ocorre do nível do mar até cerca de 2000 m (cerca de 6000 pés). A saturação da hemoglobina cai até 92%. As frequências cardíaca e respiratória aumentam, compensando eficazmente a diminuição da pressão parcial do oxigênio no ar inspirado. Ocasionalmente, o eletrocardiograma se altera;

b) Estágio compensatório - ocorre de 2000 m até cerca de 4000 m (cerca de 12000 pés). Observou-se queda na saturação da hemoglobina pelo oxigênio até 85%. Neste estágio, as compensações fisiológicas geralmente proporcionam uma adequada proteção contra hipóxia, de modo que seus efeitos, via de regra, não se manifestam, a menos que o período de exposição seja prolongado ou que exercícios físicos sejam efetuados;

c) Estágio das perturbações - ocorre de 4000 m até 6500 m (cerca de 20000 pés). A saturação da hemoglobina pelo oxigênio cai para 80% ou 70%. Neste estágio, também chamado de estágio da hipóxia crescente, as compensações fisiológicas já não são suficientes para compensar o déficit de oxigênio nos tecidos. Aparecem sintomas como a fadiga, sonolência, tonturas, cefaléia, às vezes, euforia. A visão e a audição estão diminuídas e o raciocínio é deficiente. Há perda de memória e as reações se tornam lentas e descoordenadas. Já é possível observar cianose de extremidades (coloração azulada da pele, mãos e mucosas dos lábios);

d) Estágio crítico - ocorre acima de 6500 m. A saturação de hemoglobina pelo oxigênio cai para 60% ou menos. Neste estágio teremos alterações de consciência, podendo ocorrer convulsão seguida de colapso respiratório e morte;

e) Hipóxia fulminante - ocorre após a perda accidental do fornecimento de oxigênio de forma súbita. Nesta situação, se a perda de oxigênio se verifica abaixo de 12000 m (38000 pés) as alterações descritas anteriormente ocorrem de forma acelerada. Caso a perda ocorra acima desta altitude, o indivíduo torna-se inconsciente e seu organismo entra em colapso abruptamente, sem sintomas que denunciem tais acontecimentos. Nesta situação, o indivíduo muitas vezes não se recorda do fato, quando reavivado.

A presença simultânea de ambos os estressores (exercício e hipóxia) exercerá um efeito aditivo, que irá influenciar na capacidade máxima de exercício, no tempo de resistência, no desempenho e na fadiga geral (MAZZEO, 2008).

Quando o atleta ou qualquer pessoa ascende a uma grande altitude, é exposto a uma pressão barométrica reduzida, e os efeitos fisiológicos que acompanham estas mudanças da pressão atmosférica podem ter grande influência sobre o seu organismo e seu desempenho físico. Acredita-se que a hipóxia seja responsável pelo início de uma cascata de eventos sinalizadores que, ao final, levam à adaptação à altitude. A exposição aguda à hipóxia provoca sonolência, fadiga mental e muscular e prostração. Cefaléia, náusea e anorexia são sintomas provocados pela Doença Aguda das Montanhas, que pode ocorrer nos primeiros dias de permanência na altitude. Uma estratégia nutricional adequada é fundamental para que o organismo não sofra nenhum estresse adicional. O consumo energético deve ser aumentado; é fundamental monitorar a quantidade de líquidos ingeridos e escolher alimentos agradáveis ao paladar, ricos em energia e nutrientes (BUSS e OLIVEIRA, 2006).

O processo de aclimatização/aclimatação serve para o organismo humano se adaptar melhor às condições de hipóxia (KOLLER *et al.*, 1991; CURTIS e JEROME, 2001; LEMOS *et al.*, 2010). Os efeitos da aclimatação variam conforme a altitude e a individualidade biológica. Uma adaptação plena a uma altitude média, pode ser apenas uma adaptação parcial a altitudes maiores (ARAÚJO, 2009).

O tempo ideal necessário para a aclimatação, numa média geral, fica em torno de 15 dias para uma altitude de 2.500 m, a partir daí, cada aumento de 610 m necessita de uma semana adicional para uma aclimatação plena. As adaptações produzidas pela aclimatação dissipam-se em cerca de 20 dias após retorno ao nível do mar. (FOSS, KETEVIAN, 2000; MUZA, 2007; ARAÚJO, 2009).

Nas principais enfermidades ligadas à exposição à altitude, a primeira providência indicada é descer o mais rápido possível para altitudes menores. Em alguns casos, o diagnóstico preciso da enfermidade é dificultado pelos efeitos da altitude, podendo não haver a distinção entre um possível problema de saúde e o processo de aclimatação. O mais indicado é realizar uma ascensão gradual, respeitando o tempo necessário para as adaptações fisiológicas, reduzindo assim a possibilidade de desenvolver algum problema de saúde, e ter disponível um cilindro de oxigênio suplementar para uma eventual emergência (ARAÚJO, 2009).

Foi sugerido que os efeitos das mudanças ambientais tendem a influenciar o funcionamento psicológico antes de afetar fatores fisiológicos (KOBICK e JOHNSON, 1991) e por isso monitoramento psicológico pode prover um indicador antecipado dos efeitos adversos do stress ambiental.

Em relação aos efeitos agudos ocasionados pela hipóxia em aspectos neuropsicológicos, vários são os achados na literatura. Um estudo que se propôs a avaliar as reações do sistema nervoso central aos efeitos da hipóxia com sete voluntários em um simulador de altitudes, equivalente a 3.048m durante seis horas e meia, mostrou que, neste período de tempo, ocorreram prejuízos nas tarefas de performance, além de dores de cabeça, fraqueza e vertigens (VAERNES *et al.*, 1984; LEMOS *et al.*, 2010). Qin *et al.* (2001) teve como objetivo avaliar o tempo de reação de 14 homens saudáveis, entre 18 e 20 anos de idade, expostos a 5.000m, revelando que os efeitos agudos da hipóxia podem alterar o processamento de informações de forma negativa. Diante disso, considerando a importância que o tempo de reação apresenta para aqueles que se expõem em ambientes com uma parcela diminuída de O<sub>2</sub>, estudos relatam que as alterações nos processos de informação podem levar o indivíduo a cometer erros em momentos inesperados, causando-lhe sérios problemas no momento de tomar uma decisão objetiva e precisa (ORTEGA *et al.*, 2006; PAINTAL, 2004; LEMOS *et al.*, 2010). Desta forma, a exposição aguda à altitude pode desencadear inúmeros problemas ao cérebro, dada sua maior sensibilidade aos efeitos da diminuição parcial de O<sub>2</sub> do que aquela de outros órgãos do corpo (SHARP e BERNAUDIN, 2004; LEMOS *et al.*, 2010).

O estudo de Pavlicek *et al.* (2005) buscou avaliar as relações entre funções cognitivas e variáveis fisiológicas (cardiovasculares e respiratórias) durante exposição a hipóxia. Os autores demonstraram não haver diferenças significativas entre fluência verbal, associação de palavras e performance de decisão, lobo frontal e funções emocionais, apesar do decréscimo da desaturação de O<sub>2</sub> e da diminuição da pressão diastólica a 4.500m correlacionada com a saturação de hemoglobina com O<sub>2</sub> no sangue arterial, indicando o início da hipóxia central em termos de imparidade funcional do centro vasomotor. Eles concluíram que a preservação cognitiva pode ser explicada pelo pouco tempo de exposição à hipóxia que os voluntários foram submetidos.

Em longo prazo, estudos demonstraram várias adaptações neuropsicológicas em ambiente hipóxico. A exposição à hipóxia pode alterar as atividades do lobo parietal e do lobo pré-frontal, no sentido de não parer a integração multisensorial, causando distorções da percepção corporal, alucinações visuais, baixa inibição e baixa resistência ao estresse (ARZY *et al.*, 2005; LEMOS *et al.*, 2010). Assim, pode-se observar que as alterações ocorrem em diferentes regiões do cérebro. No entanto, ainda há controvérsias sobre os prejuízos que podem estar associados aos efeitos de grandes altitudes nas funções neuropsicológicas (LIEBERMAN *et al.*, 2005; LEMOS *et al.*, 2010). O mau funcionamento dos aspectos neuropsicomotores e outras alterações nos processos de percepção, como tempo de reação e

discriminação de cores, aprendizagem, atenção e memória, também são alterados nas condições de exposição à hipóxia crônica (ORTEGA *et al.*, 2005; HORNBEIN *et al.*, 1989; GIBSON *et al.*, 1981; LEMOS *et al.*, 2010).

É preciso também levar em conta as alterações no humor da pessoa ao chegar a uma altitude elevada. Uma revisão sobre os efeitos da altitude no humor, comportamento e funções cognitivas, conduzidas por Bahrke e Shukitt-Hale (1993), deram evidências das alterações psicológicas e outros efeitos debilitantes que podem ocorrer a grandes altitudes, especialmente acima dos 4.000m. Já foi longamente reconhecido que os efeitos da hipóxia a grandes altitudes podem incluir aumentos de euforia, irritabilidades, hostilidade e danos neuropsicológicos. Os efeitos de altitudes mais baixas nas respostas de humor, onde atletas tipicamente treinariam ou competiriam a menos de 3000m, são menos bem entendidos e parece que são influenciados por variáveis como a velocidade relativa de ascensão, experiência dos efeitos da altitude, e personalidade. Bonnon *et al.* (1999) testaram um programa de ascensão designado para adaptação psicológica ideal a grandes altitudes entre um grupo de montanhistas no Himalaia. Segundo o autor, os participantes reportaram tarefas de humor e cognitivas completas em condições de normóxia tanto quanto em hipóxia aguda a 3500m e 5400m. Poucos efeitos cognitivos ou emocionais foram mostrados, sugerindo que a maior parte dos participantes aclimatizaram com sucesso. Os autores propuseram que os mecanismos de adaptação psicológica parecem apoiar-se no processo de aclimatização gradual que encontra os requisitos para a velocidade de ascensão e quantidade de tempo gasta a cada estágio de mudança de altitude. O tempo que cada pessoa precisaria gastar em cada estágio variou entre os indivíduos, logo, a monitoração cuidadosa das respostas de estados de humor é importante.

A variável personalidade também mostrou influenciar a extensão em que condições ambientais adversas são associadas com humores negativos (BOLMONT *et al.*, 2001; Lane *et al.*, 2003). Dado que a personalidade e humor tendem a serem ligados em condições ambientais normais (COSTA e MCCRAE, 1980; MEYER e SHACK, 1989; MCFATTER, 1994), isso não é surpreendente. Pesquisas mostraram que indivíduos com baixa na auto-estima são propensos a desenvolverem estados psicológicos negativos (BROWN e MANKOWSKI, 2002). A associação entre auto-estima e mudanças de humor durante condições de hipóxia foi explorada em um estudo de laboratório em que participantes pedalarão por 2 horas (50 milhas simuladas - 80 km). Lane *et al.* (2003) encontraram que indivíduos com baixa auto-estima tenderam a reportar sintomas de depressão de humor durante a performance.

A influência consistente da personalidade no processamento cognitivo da informação é importante, assim como exercícios extenuantes em condições extremas seria percebido como mais difícil do que o mesmo exercício, na mesma intensidade, realizado em condições ambientais normais. É postulado que o desenvolvimento de um perfil de humor negativo associado com depressão de humor pode ser mais prevalente entre indivíduos com baixa na auto-estima. A natureza desmotivadora da depressão de humor é associada com baixa performance (LANE e TERRY, 2000), e tais indivíduos estão em risco de baixa performance em condições adversas.

Não existe nenhuma evidência conclusiva em relação à duração ótima do exercício físico para que se obtenham benefícios psicológicos ou por quanto tempo esses benefícios podem permanecer. Um número bastante limitado de estudos tem observado esses parâmetros de forma independente, e nenhum estudo tem explorado os efeitos de interação da duração do exercício e as respostas afetivas pós-exercício.

O American College of Sports Medicine (2000) advoga que para se obter os benefícios para a saúde, seria necessário acumular 30 minutos ou mais de exercício de intensidade moderada diariamente, podendo ser realizado por breves períodos de atividade ao longo do dia (PATE *et al.*, 1995). Essa recomendação tem sido postulada para indivíduos fisiologicamente saudáveis. Pesquisas para esclarecer os efeitos psicológicos associados à participação em exercício físico são desejáveis.

O trabalho de Hoffman e Hoffman (2008) determinou o efeito de uma simples sessão de exercício aeróbio observando a duração e a intensidade de esforço e o condicionamento físico dos praticantes no humor, e encontrou que uma simples sessão melhorou o vigor e diminuiu a fadiga entre os praticantes de exercício físico habitual, mas sem mudanças para sedentários.

Ao chegar a ambientes mais altos (com elevações acima de 2.300 m ou ainda mais altas) o organismo do indivíduo sofre algumas alterações, com o intuito de compensar o ar mais rarefeito e a redução na PO<sub>2</sub> alveolar. Sendo assim, podemos dizer que as respostas imediatas à altitude incluem: (1) aumento no impulso respiratório para produzir hiperventilação; (2) aumento no fluxo sanguíneo durante o repouso e ao exercício submáximo. Junto a esses fatores, observa-se uma resposta cardiovascular aprimorada – com um aumento na pressão sistólica de repouso, aumento da frequência cardíaca e do débito cardíaco, aumento do fluxo sanguíneo em exercícios submáximos – e um aumento progressivo na atividade simpatoadrenal com o passar do tempo durante o repouso e o exercício (MCARDLE *et al.*, 2008).



No que diz respeito aos ajustes em longo prazo à altitude, temos: (1) regulação do equilíbrio ácido-básico dos líquidos corporais alterado pela hiperventilação; (2) síntese de hemoglobina e de hemácias e alterações concomitantes na circulação local e na função celular aeróbica; (3) atividade neuro-humoral simpática elevada refletida por uma maior atividade de noradrenalina que alcança um pico dentro de uma semana (MCARDLE *et al.*, 2008).

Conhecer sobre a duração requerida para elucidar respostas benéficas, do ponto de vista psicológico com o exercício físico, e entender como o organismo do indivíduo responde do ponto de vista fisiológico e comportamental ao ser exposto a elevadas altitudes, podem ser importantes ferramentas usadas para promover e prescrever exercício físico.

Outra ferramenta muito recomendada e utilizada para controlar a intensidade de exercício é a frequência cardíaca alvo derivada dos limiares de lactato (FOSTER *et al.*, 2009; ROECKER *et al.*, 2003; FRIEDMANN *et al.*, 2004). A frequência cardíaca é um importante instrumento para monitorar a intensidade do treino não só ao nível do mar, mas também durante o treinamento em altitude. Resultados de poucos estudos sobre os efeitos agudos da hipóxia sobre os limiares de lactato mostraram uma redução significativa da frequência cardíaca no limiar de lactato durante um exercício em hipóxia em comparação com normóxia (KOISTINEN *et al.*, 1995; FRIEDMANN *et al.*, 2004). Outros resultados mostram que o limiar de lactato ocorre em uma intensidade de exercício mais baixa em hipóxia, comparado a um ambiente em normóxia, e a concentração de lactato sangüíneo é mais alta em hipóxia, sugerindo um aumento na ativação do Sistema Nervoso Simpático, o que estimularia a degradação do glicogênio e a glicólise, contribuindo para um aumento no acúmulo de lactato. (OGURA *et al.*, 2005, LORENZ *et al.*, 2006; ARAÚJO, 2009).

O número de pessoas expostas anualmente a altitude por diferentes motivos (trabalho, turismo, etc.) tem crescido, fato esse que motiva a presente pesquisa. A importância do estudo reside na consideração das possíveis alterações psicobiológicas com essa exposição, a necessidade de compreender o comportamento desse fenômeno e a possibilidade de estabelecer estratégias para amenizar os efeitos.

A prescrição correta de exercícios é fundamental para o sucesso de um programa de atividade física. Para tal, além de conhecer o ser humano em questão, é preciso também conhecer o ambiente em que ele está inserido. Portanto, o presente estudo poderá ser de grande valia para que a prescrição seja correta e fidedigna, alcançando os objetivos esperados.

Por ser um tema ainda pouco estudado, por envolver exercício físico, altitude e aspectos psicobiológicos, e pela oportunidade de desenvolver um projeto como esse em um

país onde são baixos os níveis de altitude, despertou o meu interesse e me motivou ainda mais a busca por conhecimento e escolha por essa área de pesquisa.

Diante do exposto, a problemática do estudo é investigar quais os possíveis efeitos do exercício físico agudo realizado em diferentes níveis de hipóxia em aspectos psicobiológicos como o humor e o bem estar.

Sendo assim, os objetivos propostos para esta pesquisa são:

- Investigar os efeitos do exercício físico agudo realizado na intensidade do LV-I no bem estar e no humor quando realizado em hipóxia simulada de 4500 m acima do nível do mar;
- Identificar alterações no perfil de humor e bem estar e a magnitude das mesmas perante ao estresse físico e o estresse ambiental a que a amostra foi submetida.

O tema exercício físico e altitude passou a ser mais estudado após as Olimpíadas de 1968, na cidade do México. Após alguns resultados expressivos de alguns atletas, pesquisadores buscaram explicações para tal feito. Mas todos os estudos aliavam a altitude com a *performance*, e pouco se sabia sobre o que de fato acontece com o organismo das pessoas que estão acima do nível do mar.

Atualmente, o número de pessoas expostas à altitude, e que não são nativas desses locais, tem crescido ao longo dos últimos anos. Estudos comprovam as alterações fisiológicas, a curto e a longo prazo, no organismo dessas pessoas. Além disso, outros estudos já evidenciam alterações como aumento da euforia, irritabilidade, hostilidade e debilitação neuropsicológica em indivíduos que se encontram em um ambiente hipóxico (BAHRKE e SHUKITT-HALE, 1993).

Assim, acredita-se que o ser humano, inserido em um ambiente de hipóxia onde o seu organismo não consegue utilizar o oxigênio com a mesma eficiência do nível do mar, também apresentará alterações negativas nas variáveis humor e bem estar.

Frente a isso, este trabalho está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 2 detalharemos os aspectos metodológicos da pesquisa. Na ocasião, explicitaremos o procedimento ético, a descrição da amostra, a descrição dos protocolos experimentais e a análise estatística.

No capítulo 3 apresentaremos os resultados obtidos, os quais sinalizam para a hipótese de prováveis alterações psicobiológicas quando comparando as duas condições experimentais.

No capítulo 4 explicitaremos a discussão gerada pelos resultados da pesquisa. Neste momento, há uma articulação dos dados coletados em campo com o suporte da literatura já descrita sobre o tema em questão.

Por fim, nas considerações finais, retomamos a problemática da pesquisa buscando respondê-la, articulando a argumentação em torno dos objetivos explicitados.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa é de cunho experimental, pois serão manipuladas e controladas as variáveis, além da observação das variações que tal manipulação e controle produzem sobre o fenômeno de estudo.

Esta pesquisa apresenta uma abordagem quantitativa e qualitativa, isto é, as duas serão usadas de modo complementar.

De acordo com Minayo *et al.* (1994), o conjunto de dados quantitativos e qualitativos não se opõem. Ao contrário, se complementam, pois a realidade abrangida por eles interage dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia.

Segundo Gurvitch (1955), citado por Minayo e Sanches (1993), a abordagem quantitativa atua em níveis da realidade, onde os dados se apresentam aos sentidos: “níveis ecológicos e morfológicos”.

A abordagem qualitativa refere-se a estudos de significados, significações, ressignificações, representações psíquicas, representações sociais, simbolizações, simbolismos, percepções, pontos de vista, perspectivas, vivências, experiências de vida, analogias (NOGUEIRA-MARTINS; BÓGUS, 2004).

As duas análises serão utilizadas uma vez que através da abordagem quantitativa é possível encontrar dados mais reais e concretos, enquanto que na abordagem qualitativa as variáveis referentes a humor e bem estar são mais compreendidas.

### 2.1 - Procedimentos éticos

Antes de iniciar qualquer procedimento, o estudo foi submetido à aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo/ Hospital São Paulo (#0620/09). Os voluntários receberam todas as informações sobre a participação no estudo, bem como a respeito das avaliações. Para a participação, os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido concordando em participar voluntariamente. Foram também esclarecidos os possíveis riscos e eventuais desconfortos, bem como possíveis benefícios, também foi explicitado que em todo momento eles terão acesso aos profissionais envolvidos para o esclarecimento de eventuais dúvidas, sendo garantida a qualquer momento do estudo sem prejuízos, a liberdade da retirada do termo de consentimento livre e esclarecido e sua desistência do experimento. Foi explicitado aos voluntários que os mesmos terão total

sigilo dos resultados de suas avaliações, e que todas as informações obtidas nesta pesquisa foram analisadas em conjunto com as informações dos outros voluntários não sendo divulgada a identificação de nenhum participante. Os voluntários foram informados da atualização dos resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores, além disso, também foi explicado que não haveria despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, também não haveria compensação financeira relacionada à sua participação. Todos os procedimentos a serem utilizados nesse estudo respeitaram as normas estabelecidas pela legislação brasileira na Resolução n. 196 do conselho Nacional de Saúde.

#### **4.2 - Descrição da amostra**

Participaram deste estudo 10 voluntários, sadios do gênero masculino, fisicamente ativos e com idades entre 18 a 35 anos. Para atestar a saúde cardiovascular, os voluntários foram submetidos a um Eletrocardiograma de repouso e de esforço, e após a realização desse exame, os voluntários considerados aptos pelo médico foram inseridos no estudo.

Inicialmente os voluntários foram submetidos a uma ergoespirometria (teste progressivo até exaustão voluntária máxima), ao nível do mar, para determinação da intensidade do Limiar Ventilatório 1 (LV-I). Posteriormente, foram submetidos a dois tipos de protocolos de exercício físico:

- 1) Teste em carga retangular na intensidade do LV-I realizado a nível do mar;
- 2) Teste em carga retangular na intensidade do LV-I realizado simulando uma altitude de 4500m.

Todos os protocolos de exercício foram realizados no mesmo período do dia para se evitar possíveis influências circadianas.

#### **4.3 - Descrição dos protocolos experimentais:**

##### **Exercício Físico:**

Os testes foram realizados em uma esteira ergométrica (*Lifefitness*<sup>®</sup> 9700HR, Schiller Park, IL, USA). O protocolo adotado para o teste de carga progressiva até a exaustão voluntária máxima foi o de incrementos de velocidade de 1 km/h a cada minuto, sendo a carga inicial para aquecimento de três minutos a 7 km/h. O teste foi encerrado quando o voluntário atingiu a exaustão voluntária máxima. Essa exaustão foi definida como a incapacidade em

acompanhar a velocidade da esteira por 15 segundos, ou até que os voluntários solicitassem a parada do teste mesmo sendo encorajados (SASSI *et al.*, 2006). Durante todo o teste foi utilizada uma inclinação fixa de 1% para simular o desgaste físico em locais abertos (JONES e DOUST, 1996).

Para essa avaliação, foi realizado uma análise dos gases ventilatórios, para determinar as seguintes variáveis respiratórias: consumo pico de oxigênio ( $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$ ), limiar ventilatório I (LV-I), limiar ventilatório II (LV-II), frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{MÁX}}$ ), frequência cardíaca do limiar ventilatório I ( $FC_{\text{LV-I}}$ ), frequência cardíaca do limiar ventilatório II ( $FC_{\text{LV-II}}$ ), e velocidade na intensidade do Limiar I e II. Para a determinação do consumo de oxigênio no limiar ventilatório I e II (LV-I e LV-II), foram observados os critérios descritos por Wasserman *et al.*, (1973), Wasserman (1987) e Wasserman e Koike (1992).

A análise dos gases (Ergoespirometria) realizada permitiu uma análise dos gases expirados e uma medida direta do consumo pico de oxigênio, além de determinar parâmetros ventilatórios. Essas variáveis foram obtidas pelo método de mensuração das trocas gasosas respiratórias com um sistema metabólico (Quark, PFT – Pulmonary Function Testing – FRC & DLCO - 4ergo, Cosmed, Italy). O sistema foi calibrado antes da realização de cada protocolo, usando uma concentração de gases conhecidos, sendo que as calibrações do volume e do fluxo foram realizadas com o auxílio de uma seringa de três litros. Uma máscara facial Hans Rudolph® flow-by face mask (Kansas City, MO, EUA), foi utilizada. Durante todos os testes, a monitoração da frequência cardíaca foi realizada por meio de um freqüencímetro (Polar®, modelo FS1, Kempele, Finland) com intervalos de 5 segundos, a pressão arterial também foi monitorada por meio de um esfigmomanômetro e um estetoscópio. Os testes foram realizados em laboratório com climatização padronizada.

Para os protocolos de carga retangular, foram utilizados os mesmos equipamentos, sendo o protocolo realizado por um período de 45 minutos (50% a mais do que advoga o *American College of Sports Medicine*) na intensidade do limiar ventilatório 1 (esta intensidade foi determinada com a realização do teste progressivo de cargas até a exaustão voluntária máxima).

Durante os protocolos, foi utilizada a escala de percepção de esforço de BORG que varia de 6 a 20 (Borg, 1977; Borg 1982), sendo mais uma estratégia prática na avaliação da intensidade de esforço.

### **Câmara de Simulação de Altitude:**

Os testes realizados na condição de hipóxia simulada foram conduzidos em uma câmara normobárica (CAT - Colorado Altitude Training™/CAT-12 Air Unit). Trata-se de uma sala composta por um sistema de microprocessadores capazes de efetuar leitura de sinais elétricos provenientes de dois sensores de oxigênio, um sensor de dióxido de carbono e um sensor de pressão atmosférica. As informações desses sensores foram linearizadas e utilizadas para o cálculo da altitude simulada, que por sua vez, foi capaz de controlar as unidades de ar, purificadores e ventiladores, conforme necessário para a manutenção da configuração da altitude desejada.

De forma breve, a altitude simulada dentro da sala foi atingida através da contínua liberação de ar para dentro de um gabinete que continha uma menor percentagem de oxigênio do ar ambiente. A quantidade relativa de oxigênio presente no ar para uma dada altitude simulada sofre variação dependendo da elevação em que o sistema é instalado. Por exemplo, ao nível do mar, 17% de oxigênio corresponde a uma altitude simulada de 6.000 pés, enquanto que 17% de oxigênio em um local que é de 5000 metros acima do nível do mar corresponde a uma altitude simulada de 10.750 pés. O painel de controle do equipamento apresenta um display digital que continuamente exibe a configuração da altitude desejada e a altitude atual do gabinete. Simplesmente definindo a altitude desejada no painel de controle, o controlador de sistema automaticamente varia a quantidade de ar hipóxico e normóxico necessárias para alcançar a altitude desejada dentro do gabinete. Neste estudo, foram observadas todas as recomendações do fabricante para uso e segurança.

### **Humor:**

Para cada protocolo de exercício físico, os voluntários responderam a quatro instrumentos que avaliam o humor e os aspectos de bem-estar. Essa avaliação foi realizada em diferentes momentos: antes, imediatamente após cada um dos protocolos de exercício, 30' e 60' após o término dos protocolos. Os instrumentos utilizados foram:

1) Escala de Humor de Brunel (BRUMS)- Desenvolvida para medir rapidamente o estado de humor (TERRY *et al.*, 2003) e validado para a língua portuguesa por (Rohlf et al., 2008), foi adaptado do “Profile of Mood States (POMS) (MCNAIR *et al.*, 1971). Consiste em uma lista com 24 adjetivos relacionados ao estado de humor, onde o avaliado deve anotar como se sente em relação a cada adjetivo, conforme as instruções considerando uma escala

tipo Likert de 0 a 4. Seis fatores de humor ou estados afetivos são medidos por esse instrumento: tensão, depressão, raiva, vigor, fadiga e confusão. É esperado nesse teste que os valores encontrados para a dimensão vigor sejam maiores que os valores apresentados nas outras dimensões, o que denotaria um perfil de humor em forma de “*Iceberg*”.

2) *VISUAL ANALOGUES OF MOOD SCALES* (VAMS): 16 escalas analógicas de 100 mm através das quais o avaliado por meio de um traço vertical avalia as alterações de humor (BOND e LADER, 1974; GUIMARÃES, 1998).

3) Escala Subjetiva de Experiência em Exercício- SEES (MCAULEY e COURNEYA, 1994)- Instrumento utilizado para observar respostas afetivas induzidas pelo exercício físico. Trata-se de uma escala tridimensional, que avalia as seguintes dimensões: (a) bem-estar positivo; (b) distress psicológico e (c) fadiga. A principal questão é: “Como você se sente agora?”, a escala é composta por 12 itens graduados em uma escala tipo Likert que varia de 1 a 7, onde 1 significa nenhum pouco e 7 significa muitíssimo (LOX e RUDOLPH, 1994; MCAULEY e COURNEYA, 1994).

4) IDATE – É um questionário de auto-avaliação que avalia a ansiedade. Está dividido em duas partes: uma avalia a ansiedade-traço (referindo-se a aspectos de personalidade) e a segunda avalia a ansiedade-estado (referindo-se a aspectos sistêmicos do contexto). Cada uma dessas partes é composta de 20 afirmações. Ao responder o questionário, o indivíduo deve levar em consideração uma escala de quatro itens que variam de 1 a 4, sendo que ESTADO significa como o sujeito se sente no “momento” e TRAÇO como ele “geralmente se sente”. O escore de cada parte varia de 20 a 80 pontos, sendo que os escores podem indicar um baixo grau de ansiedade (0-30), um grau mediano de ansiedade (31-49) e um grau elevado de ansiedade (maior ou igual a 50), quanto mais baixo se apresentarem os escores, menor será o grau de ansiedade (SPIELBERGER *et al.*, 1970; BIAGGIO e NATALÍCIO, 1979; ANDREATINI e SEABRA, 1993). Nesse estudo, a parte referente à ansiedade Traço será aplicada em um único momento, por se tratar do traço de personalidade do voluntário, já para o estado de ansiedade será aplicado de acordo com os diferentes momentos previamente descritos.

Nos testes realizados acima do nível do mar, os instrumentos utilizados foram respondidos dentro da câmara normobárica antes, imediatamente após e 30’ após o término dos protocolos. Quanto ao período correspondente a 60’ após o término dos protocolos, os instrumentos utilizados foram respondidos fora da câmara normobárica.



### **Oxímetro de Pulso:**

Durante todos os testes foi avaliada a  $SpO_2$ . Tal medida foi mensurada através de um oxímetro de pulso.

O oxímetro de pulso é um equipamento dotado de sensor óptico vermelho e infravermelho, destinado à monitoração contínua e não-invasiva da saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial ( $SpO_2$ ) e frequência cardíaca medida pelo sensor de  $SpO_2$  (MALLINCKRODT, 1999 apud FELIZARDO; ITANO; RAMIREZ, 2001).

É um método simples e não evasivo que tem como objetivo avaliar a eficiência da troca de gás pulmonar por uma estimativa de  $PaO_2$  em um monitoramento contínuo de  $O_2$  e saturação ( $SaO_2$ ). O oxímetro de pulso detecta a variação de transmissão de duas medidas diferentes de ondas que normalmente ocorrem com a pulsação arterial em uma extremidade no dedo indicador ou no lóbulo da orelha.

### **Análise Estatística**

O N a ser usado neste estudo foi determinado através do módulo Power Analysis do programa Statistics<sup>®</sup> for Windons<sup>®</sup>, e foi considerado representativo. A análise dos dados colhidos foi analisada conforme o comportamento das variáveis (normalidade), podendo ser realizada por teste paramétrico ou não paramétrico. O nível de significância considerado foi de  $p < 0,05$ . As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistics<sup>®</sup> (LANDAU, EVERITT, 2004; FIELD, 2005; MORGAN, 2005).

### 3. RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentados os dados referentes à análise descritiva da amostra referentes a idade, estatura, massa corporal e índice de massa corporal. Trata-se de uma amostra composta por jovens e eutróficos.

Na tabela 2 é apresentado à análise descritiva referente aos resultados do teste ergoespiométrico realizado até a exaustão voluntária máxima ao nível do mar. Os dados estão apresentados em média e desvio padrão, e valores mínimos e máximos obtidos em cada variável. Os parâmetros referentes ao consumo de oxigênio são apresentados em valores absolutos (litros/minuto) e em valores relativos (considerando a massa corporal total). Além disso, são apresentados os parâmetros referentes ao comportamento da ventilação, tempo máximo de teste, consumo de oxigênio pico na intensidade do limiar ventilatório 1 e 2, tempo e frequência cardíaca observado nesses limiares.

Na tabela 3 é apresentado os resultados do questionário que avalia o perfil de humor BRUMS. Quando os grupos foram comparados não foi encontrada diferença significativa, no entanto, quando comparados o comportamento das dimensões em relação ao tempo, observou-se que a dimensão Depressão [ $F_{(1,54)} = 3,02$ ;  $p < 0,03$ ] na condição experimental nível do mar apresentou um aumento 30' após o término do exercício físico comparado com o basal, retornando aos valores iniciais após 60'. Na dimensão Fadiga [ $F_{(1,54)} = 15,68$ ;  $p < 0,0001$ ] encontrou-se um aumento em relação ao basal no momento imediatamente após, comportamento similar encontrado na dimensão Confusão Mental [ $F_{(1,54)} = 9,32$ ;  $p < 0,0001$ ] e no DTH [ $F_{(1,54)} = 10,26$ ;  $p < 0,0001$ ]. Para a condição de exposição a altitude, observou-se que a dimensão Raiva aumentou no momento imediatamente após comparado ao basal, seguido de diminuição desses escores 60' após o termino do protocolo de exercício físico. Na dimensão Vigor, encontrou-se diminuição no momento imediatamente após a realização do exercício que perdurou até 30'. Na dimensão Fadiga, encontramos aumento desses escores em todos os momentos pós-exercício físico. Na dimensão Confusão Mental e o DTH apresentaram comportamentos similares, onde encontramos um aumento dos escores imediatamente após a realização do exercício que perdurou até 30'. As outras variáveis não demonstraram diferenças significativas.

Na tabela 4 estão apresentados os resultados da Escala Visual Analógica (VAMS). Não se encontrou modificações nesse instrumento quando aplicado na condição experimental nível do mar, no entanto, quando observamos a condição experimental em altitude simulada, encontrou-se para a dimensão Sedação Física, diminuição imediatamente após a realização do

exercício, perdurando em até 30' após o exercício, sendo que esses valores apresentaram recuperação em 60'. A dimensão Outros Sentimentos e Atitudes apresentou diminuição no momento imediatamente após, perdurando em até 30'. As outras variáveis não demonstraram diferenças significativas.

Na tabela 5 são apresentados os resultados do SEES, na condição nível do mar, observamos um aumento da dimensão Distresse Psicológico e Fadiga na condição imediatamente após, sendo que a Fadiga diminuiu esses escores 30 e 60' após o término do exercício físico. Na condição experimental em altitude simulada, a dimensão Bem-estar Positivo apresentou redução desses escores no momento imediatamente após perdurando até 30' do término do exercício físico. Na dimensão Distresse Psicológico apresentou um aumento no momento imediatamente após perdurando até 30', e a dimensão Fadiga apresentou aumento dos escores imediatamente após perdurando até 30', mostrando recuperação 60' após o término do protocolo de exercício físico. As outras variáveis não demonstraram diferenças significativas.

Na tabela 6 são apresentados os resultados do IDATE Estado. Na condição nível do mar, não observou-se mudanças significativas. Já na condição experimental em altitude simulada observou-se aumento imediatamente após a realização do exercício com redução desses escores em 60'. As outras variáveis não demonstraram diferenças significativas.

Na tabela 7 são apresentados os dados referentes ao comportamento das variáveis fisiológicas. Em relação a oximetria, na condição nível do mar não observamos diferenças significativas, no entanto, na condição de hipóxia simulada observamos que imediatamente após houve uma diminuição deste parâmetro que perdurou por até 30'. Além disso, observou-se que no momento 60' houve uma recuperação desta variável. A comparação inter-grupos demonstrou que o momento imediatamente após e 30' são diferentes onde a condição nível do mar demonstrou maiores porcentagens de saturação de oxigênio quando comparado com a condição de altitude simulada. Em relação a pressão arterial sistólica, encontrou-se na condição nível do mar, um aumento desta variável imediatamente após quando comparados com o basal, sendo esse comportamento similar condição de altitude simulada, no entanto, nessa condição, houve uma diminuição nos momentos 30 e 60'. As outras variáveis não demonstraram diferenças significativas.

**Tabela 1- Dados Descritivos da Amostra**

<b>Variáveis</b>	<b>Media ± Desvio padrão</b>
Idade (anos)	22,30 ± 2,79
Estatura (m)	1,76 ± 0,04
Massa Corporal (kg)	72,66 ± 11,86
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,37 ± 3,74

Dados apresentados média ± desvio padrão referentes a 10 voluntários em cada grupo. Legenda: IMC- índice de massa corporal.

**Tabela 2 – Análise Descritiva dos resultados do teste ergoespirométrico realizado até a exaustão voluntária máxima ao nível do mar.**

<b>Variáveis</b>	<b>Media ± Desvio padrão</b>	<b>Valores Mínimos</b>	<b>Valores Máximos</b>
<b>VO<sub>2</sub> pico (L.min)</b>	3,53 ± 0,45	2,88	4,14
<b>VO<sub>2</sub> pico (mL.kg.min<sup>-1</sup>)</b>	49,84 ± 6,01	40,91	58,83
<b>FC Max (bpm)</b>	190,90 ± 8,49	179,00	204,00
<b>VE Max (L)</b>	143,97 ± 20,62	102,50	173,40
<b>Velocidade Máx. (Km.h)</b>	15,80 ± 1,40	13,00	17,00
<b>Tempo Max. (min)</b>	12,46 ± 1,51	9,40	14,00
<b>VO<sub>2</sub> LV-I (L.min)</b>	2,55 ± 0,23	2,09	2,89
<b>VO<sub>2</sub> LV-I (mL.kg.min<sup>-1</sup>)</b>	36,12 ± 3,89	31,10	41,29
<b>FC LV-I (bpm)</b>	156,70 ± 10,17	145,00	173,00
<b>Tempo LV-I (min)</b>	6,88 ± 0,92	6,00	8,20
<b>VO<sub>2</sub> LV-II (L.min)</b>	3,11 ± 0,38	2,50	3,80
<b>VO<sub>2</sub> LV-II (mL.kg.min<sup>-1</sup>)</b>	43,87 ± 5,10	35,20	49,32
<b>FC LV-II (bpm)</b>	177,00 ± 12,06	157,00	194,00
<b>Tempo LV-II (min)</b>	13,30 ± 1,25	11,00	15,00

Dados apresentados em média ± desvio-padrão, referente a 10 voluntários. Legenda: VO<sub>2</sub>- consumo de oxigênio; FC- frequência cardíaca; VE- ventilação; LV-I- Limiar Ventilatório I; LV-II- Limiar Ventilatório II.

Tabela 3 – Resultados do Teste de perfil de humor- BRUMS

	Nível do Mar				4500 mts			
	Basal	Imediatamente após	30'	60'	Basal	Imediatamente após	30'	60'
<b>Tensão - Ansiedade</b>	1,90 ± 3,11	2,20 ± 3,01	1,60 ± 2,67	1,40 ± 2,63	2,20 ± 2,62	2,80 ± 3,58	2,30 ± 4,03	1,70 ± 2,71
<b>Depressão</b>	0,10 ± 0,32	0,50 ± 0,97	1,00 ± 2,00 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,32 <sup>c</sup>	0,40 ± 0,70	1,20 ± 1,81	0,60 ± 1,26	0,40 ± 0,97
<b>Raiva-Hostilidade</b>	0	0,50 ± 1,27	0,50 ± 0,85	0,40 ± 0,70	0,30 ± 0,67	1,10 ± 1,73 <sup>a</sup>	0,50 ± 1,08	0,20 ± 0,63 <sup>b</sup>
<b>BRUMS Vigor</b>	9,10 ± 3,90	8,20 ± 3,16	9,20 ± 4,61	8,40 ± 3,27	10,70 ± 3,33	7,00 ± 4,06 <sup>a</sup>	7,80 ± 4,26 <sup>a</sup>	9,10 ± 3,21
<b>Fadiga</b>	2,80 ± 2,62	6,30 ± 3,53 <sup>a</sup>	4,20 ± 3,16 <sup>b</sup>	3,10 ± 2,60	2,50 ± 2,80	8,30 ± 4,42 <sup>a</sup>	6,80 ± 4,92 <sup>a</sup>	5,20 ± 3,39 <sup>a</sup>
<b>Confusão Mental</b>	1,10 ± 2,08	2,90 ± 3,84 <sup>a</sup>	2,40 ± 3,98	1,50 ± 2,46	1,30 ± 2,06	4,30 ± 4,14 <sup>a</sup>	2,90 ± 3,90 <sup>a</sup>	2,10 ± 3,11 <sup>b</sup>
<b>DTH</b>	-3,20 ± 9,62	4,20 ± 11,38 <sup>a</sup>	0,50 ± 14,39	-1,90 ± 9,11	-4,00 ± 10,55	10,70 ± 16,99 <sup>a</sup>	5,30 ± 15,99 <sup>a</sup>	0,50 ± 10,75 <sup>b</sup>

ANOVA two-way para medidas repetidas, com post-hoc Duncan Test. <sup>a</sup> – diferente do basal, na mesma condição; <sup>b</sup> – diferente do imediatamente após, na mesma condição; <sup>c</sup> – diferente do 30', na mesma condição. Resultados significativos para  $p \leq 0,05$ . Dados apresentados em média ± desvio-padrão. Legenda: DTH: Distúrbio Total de Humor. Dados referentes a 10 voluntários.

**Tabela 4 – Resultados da Escala Visual Analógica (VAMS)**

	Nível do Mar				4500 mts			
	Basal	Imediatamente após	30'	60'	Basal	Imediatamente após	30'	60'
<b>Ansiedade</b>	46,24 ± 13,40	43,04 ± 14,69	45,72 ± 13,95	48,06 ± 14,47	44,95 ± 15,26	42,00 ± 16,16	44,71 ± 14,86	41,74 ± 13,84
<b>VAMS</b> <b>Sedação Física</b>	43,44 ± 9,06	40,51 ± 11,38	39,89 ± 11,66	39,45 ± 10,44	44,51 ± 8,54	33,61 ± 14,18 <sup>a</sup>	33,91 ± 14,51 <sup>a</sup>	40,23 ± 11,43 <sup>b,c</sup>
<b>Sedação Mental</b>	39,44 ± 17,81	39,59 ± 12,13	39,95 ± 11,94	37,31 ± 11,70	41,94 ± 10,62	32,78 ± 16,03	34,05 ± 15,27	37,14 ± 11,33
<b>Outros sentimentos e Atitudes</b>	47,34 ± 7,80	43,92 ± 12,07	45,11 ± 10,70	44,89 ± 9,32	47,48 ± 6,05	40,56 ± 10,03 <sup>a</sup>	41,44 ± 10,36 <sup>a</sup>	42,29 ± 10,74

ANOVA two-way para medidas repetidas, com post-hoc Duncan Test. <sup>a</sup> – diferente do basal, na mesma condição; <sup>b</sup> – diferente do imediatamente após, na mesma condição; <sup>c</sup> – diferente do 30', na mesma condição. Resultados significativos para  $p \leq 0,05$ . Dados apresentados em média ± desvio-padrão. Dados referentes a 10 voluntários.

Tabela 5 – Resultados do Teste SEES

Variáveis	Condições Experimentais	Basal	Imediatamente Após	30'	60'
<b>Bem-estar positivo</b>	<b>Nível do Mar</b>	16,20 ± 2,94	14,00 ± 2,79	14,80 ± 3,19	15,30 ± 2,41
	<b>4500 mts</b>	17,00 ± 3,65	13,20 ± 4,87 <sup>a</sup>	14,10 ± 3,78 <sup>a</sup>	14,40 ± 4,12
<b>Distresse Psicológico</b>	<b>Nível do Mar</b>	5,30 ± 2,54	8,00 ± 3,89 <sup>a</sup>	6,20 ± 3,19	6,60 ± 4,01
	<b>4500 mts</b>	5,80 ± 4,66	8,70 ± 4,47 <sup>a</sup>	8,40 ± 5,97 <sup>a</sup>	6,90 ± 4,98
<b>Fadiga</b>	<b>Nível do Mar</b>	6,90 ± 3,07	14,80 ± 8,11 <sup>a</sup>	10,30 ± 5,60 <sup>b</sup>	10,20 ± 6,01 <sup>b</sup>
	<b>4500 mts</b>	7,40 ± 5,23	19,00 ± 7,64 <sup>a</sup>	17,50 ± 8,53 <sup>a</sup>	11,90 ± 5,80 <sup>b,c</sup>

ANOVA two-way para medidas repetidas, com post-hoc utilizando Duncan Test. <sup>a</sup> – diferente do basal, na mesma condição; <sup>b</sup> – diferente do imediatamente após, na mesma condição; <sup>c</sup> – diferente do 30', na mesma condição. Resultados significativos para  $p \leq 0,05$ . Dados apresentados em média ± desvio-padrão. Dados referentes a 10 voluntários.

**Tabela 6 – Resultados do Teste de IDATE Estado**

Condições Experimentais	Basal	Imediatamente após	30'	60'
Nível do Mar	32,10 ± 7,52	36,70 ± 7,87	34,00 ± 9,09	32,00 ± 8,39
4500 mts	32,30 ± 8,03	39,30 ± 12,40 <sup>a</sup>	34,60 ± 12,73	33,00 ± 8,34 <sup>b</sup>

ANOVA two-way para medidas repetidas, com post-hoc utilizando Duncan Test. <sup>a</sup> – diferente do basal, na mesma condição; <sup>b</sup> – diferente do imediatamente após, na mesma condição; Resultados significativos para  $p \leq 0,05$ . Dados apresentados em média ± desvio-padrão. Dados referentes a 10 voluntários.

**Tabela 7 – Resultados das variáveis fisiológicas**

Variáveis	Condições Experimentais	Basal	Imediatamente Após	30'	60'
Oximetria (%)	Nível do Mar	96,75 ± 3,06	96,63 ± 1,69 <sup>d</sup>	96,00 ± 2,27 <sup>d</sup>	96,63 ± 1,30
	4500 mts	97,20 ± 1,32	86,70 ± 4,24 <sup>a</sup>	83,80 ± 4,26 <sup>a,b</sup>	96,70 ± 1,25 <sup>b,c</sup>
Temperatura Corporal (°C)	Nível do Mar	36,77 ± 0,43	36,73 ± 0,48	36,73 ± 0,38	36,79 ± 0,46
	4500 mts	36,54 ± 0,54	36,81 ± 0,38	36,88 ± 0,39	36,63 ± 0,36
PAS	Nível do Mar	115,63 ± 4,96	121,25 ± 6,41 <sup>a</sup>	116,88 ± 4,58	120,00 ± 5,35
	4500 mts	116,00 ± 6,99	123,00 ± 8,23 <sup>a</sup>	117,00 ± 6,75 <sup>b</sup>	117,00 ± 6,75 <sup>b</sup>
PAD	Nível do Mar	73,75 ± 4,43	75,00 ± 8,02	73,75 ± 4,43	76,25 ± 7,44
	4500 mts	74,50 ± 6,85	77,50 ± 6,35	75,00 ± 4,71	75,00 ± 7,07

ANOVA two-way para medidas repetidas, com post-hoc utilizando Duncan Test. <sup>a</sup> – diferente do basal, na mesma condição; <sup>b</sup> – diferente do imediatamente após, na mesma condição; <sup>c</sup> – diferente do 30', na mesma condição; <sup>d</sup> – diferente intergrupo, no mesmo instante. Resultados significativos para  $p \leq 0,05$ . Dados apresentados em média ± desvio-padrão. Legenda: PAS – pressão arterial sistólica; PAD – pressão arterial diastólica. Dados referentes a 10 voluntários.



## 4. DISCUSSÃO

A exposição à uma altitude elevada requer um processo de aclimação afim de garantir o funcionamento ideal de todos os sistemas do organismo humano. As alterações fisiológicas mais proeminentes são imediatas e ajudam no fornecimento de oxigênio aos tecidos quando é difícil conseguí-lo (FOSS e KETEVIAN, 2000). Os efeitos da aclimação variam conforme a altitude e a individualidade biológica. Uma adaptação plena a uma altitude média pode ser apenas uma adaptação parcial a altitudes maiores (ARAÚJO, 2009).

Fisiologicamente, na vigência da exposição às grandes altitudes, o indivíduo tenta adaptar-se e o organismo humano produz respostas em vários sistemas, por isso acontecem diferentes ajustes que vão desde alterações no sistema cardiovascular até o músculo esquelético, passando pelo endócrino, imune, até chegar ao cérebro (ORTEGA *et al.*, 2006; LEMOS *et al.*, 2010). Tais alterações fisiológicas, decorrentes da diminuição da oferta de O<sub>2</sub>, afetam a manutenção das funções cerebrais e físicas, que dependem de um percentual de 21% de O<sub>2</sub> para funcionar adequadamente (SUDARSKY, 1990; LEMOS *et al.*, 2010). Além disso, é universalmente aceito que a altitude produz interferências no humor e na cognição causando inclusive importantes prejuízos que além dos fatores citados acima, ainda podem ser percebidos no contexto motor, perceptivo e comportamental (ORTEGA *et al.*, 2006).

No presente estudo comparou-se em duas condições experimentais (nível do mar e altitude simulada a 4500 m acima do nível do mar), os resultados referentes ao humor e bem-estar obtidos não foram os esperados, uma vez que acreditávamos que a condição de hipóxia aliada ao estresse do exercício físico poderia influenciar negativamente os escores e assim apresentar diferença significativa frente aos escores da condição de normóxia. Porém, deve-se considerar tudo aquilo que influencia os resultados e não podemos deixar de mencionar que certamente existe uma relação da magnitude desses ajustes motivados pelo nível de hipóxia gerado, sendo esse parâmetro condicionado a alterações como alteração da saturação do oxigênio, tempo de exposição a essa condição, intensidade e carga de esforço além claro da variabilidade inter-individual (MAZZEO, 2008).

Em relação a comparação entre os tempos, na condição nível do mar, através do instrumento BRUMS, observou-se que o exercício realizado em normóxia apresentou aumento da fadiga, de confusão mental, de distúrbio total de humor e de depressão, sendo que essa última variável teve seus valores basais retornando ao normal 60' após a realização do exercício. Já na condição de hipóxia simulada, verificou-se que após a realização do exercício

houve aumento nas mesmas variáveis verificadas ao nível do mar em conjunto com um aumento dos índices de raiva e diminuição dos índices de vigor. Uma análise dos efeitos da altitude sobre o humor, comportamento e funcionamento cognitivo por Bahrke e Shukitt-Hale (1993) forneceu evidências convincentes das alterações psicológicas e outros efeitos debilitantes que podem ocorrer em grandes altitudes, especialmente acima de 4.000 m. Há muito tempo se reconheceu que os efeitos da hipóxia em alta altitude podem incluir aumento da euforia, irritabilidade, hostilidade e debilitação neuropsicológica, o que confirma os resultados obtidos em nosso estudo.

De acordo com a Escala Analógica Visual (VAMS), na condição experimental nível do mar não houve alterações estatísticas significantes em nenhuma das variáveis estudadas. Sendo assim, o exercício em normóxia não influenciou na ansiedade, na sedação física, na sedação mental e em outros sentimentos e atitudes dos voluntários. Já na condição experimental de hipóxia simulada, a realização do exercício físico fez com que os voluntários apresentassem uma diminuição na dimensão sedação física e outros sentimentos e atitudes, perdurando até 30' após a atividade. Contrário ao que verificou-se no presente estudo, Bonnon *et al.* (1999) testaram um programa de ascensão no sentido de encontrar uma adaptação psicológica ideal para grandes altitudes entre um grupo de alpinistas, que concluíram tarefas que avaliaram os aspectos cognitivos e de humor em condições de normóxia e hipóxia aguda em 3500 metros e 5400 metros, não encontraram efeitos robustos cognitivos ou emocionais, sugerindo que a maioria dos participantes aclimatou-se com êxito. O interessante é que esses autores propuseram que os mecanismos psicológicos de adaptação parecem confiar em um processo de aclimação gradual atendendo aos requisitos para a velocidade de subida e tempo de permanência em cada fase da mudança de altitude.

Outro estudo também se mostrou contrário aos resultados que se obteve. Na pesquisa de Piehl Aulin *et al.* (1998), com 15 participantes expostos a uma altitude de 2000m ou 2700m acima do nível do mar, foi constatado que ao viver em um ambiente hipóxico durante 12 horas por dia e manter uma carga de treinamento em normóxia, não afetou de forma negativa o estado de humor (LANE *et al.*, 2004). Essa diferença pode ser explicada devido ao nosso estudo ter sido feito em uma altitude superior a 4000 m de altitude simulada.

Considerando o instrumento SEES, verificou-se que em ambas as condições experimentais, as dimensões distresse psicológico e fadiga apresentaram comportamento similar. Em ambas, os voluntários mostraram-se mais fadigados imediatamente após o exercício, com diminuição 60' após a realização da atividade, e também apresentaram aumento nos índices de distresse psicológico imediatamente após o exercício. Vale ressaltar

que na condição de hipóxia simulada os escores dessas dimensões foram mais acentuados e perduraram até 30' após a realização do exercício aliados com uma diminuição dos escores da dimensão bem-estar positivo. Nas condições de hipóxia hipobárica, a diminuição da quantidade de oxigênio disponível para os tecidos implica um decréscimo do consumo máximo de oxigênio (FERRETI *et al.*, 1997 *apud* MAGALHÃES *et al.*, 2002; ROBERGS *et al.*, 1998 *apud* MAGALHÃES *et al.*, 2002) e traduz-se, para o mesmo trabalho, num aumento da intensidade relativa ou na diminuição da capacidade de trabalho desenvolvido para uma determinada intensidade de exercício, com aparecimento precoce da fadiga (MAGALHÃES *et al.*, 2002).

O questionário IDATE Estado nos mostrou que na condição experimental ao nível do mar não houve mudanças no comportamento dos voluntários, ou seja, eles não apresentaram alterações em seus padrões normais de ansiedade. Já na condição experimental de hipóxia simulada, o exercício apresentou uma resposta ansiogênica após a sua realização, onde seus valores basais retornaram 60' após o término da atividade.

Está bem documentado que exercício extenuante em ambientes extremos como altitude, calor e frio impõem o aumento do estresse fisiológico e psicológico (BOLMONT, THULLIER e ABRAINI, 2000; GLEESON, 2000; PYNE, GLEESON e MCDONALD, 2000; ACEVEDO e EKKEKAKIS, 2001). Foi sugerido que os efeitos das mudanças ambientais tendem a influenciar o funcionamento psicológico antes de afetar fatores fisiológicos (KOBICK e JOHNSON, 1991) e por isso o monitoramento psicológico pode prover um indicador antecipado dos efeitos adversos do estresse ambiental. De inúmeras variáveis psicológicas que poderiam ser relevantes neste contexto, as respostas de humor são conhecidas por refletir as alterações ambientais (BAHRKE e SHUKITT-HALE, 1993).

Analisando as variáveis fisiológicas nas duas condições experimentais e nos diferentes momentos em que elas foram avaliadas, pudemos perceber que a saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial apresentou alterações na condição experimental de hipóxia simulada quando comparada com a de normóxia. Os valores da oximetria apontam uma diminuição imediatamente após a realização do exercício, seguidos de uma diminuição ainda maior 30' após o término da atividade, sendo que ao nível do mar seus valores não apresentaram diferenças significativas. Porém, na condição experimental simulando uma altitude de 4500m, os escores de saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial retornaram aos valores basais 60' após o término do exercício. Isso provavelmente se deve ao fato de que os voluntários ficaram expostos a altitude simulada até 30' após o término do exercício. Esta foi a única variável que apresentou diferença intergrupo,

sugerindo-nos que esta sofre grande influência das características presentes num ambiente hipóxico. Assim como em nosso estudo, Mollard, *et. al.* (2007) demonstrou uma maior redução da saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial em sua pesquisa, que consistia em um grupo de indivíduos treinados que realizaram um teste máximo de carga incremental em um cicloergômetro de membro inferior, na condição de hipóxia simulada referente a 5 altitudes: 1000m, 1500m, 2500m, 3500m e 4500m quando comparado ao grupo de indivíduos não treinados. Um dos objetivos do grupo conduzido por Mollard, *et. al.* (2007) foi avaliar se a diminuição do  $\dot{V}O_2$  máximo de voluntários expostos de forma aguda à hipóxia moderada podia ser explicado apenas pela diminuição da saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial ou pelo comportamento da frequência cardíaca. O grupo conseguiu demonstrar que a saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial é um forte preditor do  $\dot{V}O_2$  máximo. Para eles, a principal explicação é a limitação de difusão alvéolo-capilar que resulta do aumento do débito cardíaco, reduzindo o tempo de trânsito da célula vermelha do sangue em capilares pulmonares. Entretanto, em normóxia, a limitação de difusão aparece para um nível importante de  $\dot{V}O_2$ .

Já a pressão arterial sistólica e a pressão arterial diastólica apresentaram comportamento similar em ambas as condições experimentais, onde houve um aumento após a realização do exercício da pressão arterial sistólica e nenhuma diferença significativa na pressão arterial diastólica.

Os principais ajustes que ocorrem em resposta a exposição aguda à altitude são a hiperventilação e um maior débito cardíaco (em repouso e em exercício submáximo) (ARAÚJO, 2009). Mazzeo (2008) cita também que há uma síntese aumentada das catecolaminas (adrenalina e principalmente noradrenalina), hormônios produzidos pela medula supra-renal, em resposta a exposição às grandes altitudes. Esses hormônios ajudam no processo de adaptação a um ambiente com menor quantidade de oxigênio. A adrenalina acelera a frequência cardíaca e aprimora a contratilidade do miocárdio, aumentando assim o fluxo sanguíneo para os músculos, o consumo de oxigênio e a mobilização de glicogênio. Ocorre também um aumento na pressão arterial, que pode ser explicado através do aumento dos níveis séricos de noradrenalina coletadas na urina. Seus valores podem subir de 50 microgramas para perto de 95 microgramas, e poderia ser explicado por um aumento na função simpática (MCARDLE, KATCH e KATCH, 1998 *apud* FARIA *et al.*, 2005).

Vale ressaltar que o tempo do exercício físico realizado em condição de hipóxia simulada mais o tempo de exposição de 30', podem ter sido um fator limitante na detecção de mais diferenças entre as dimensões estudadas.

## 5. CONCLUSÃO

Os dados apontam que o exercício físico realizado na intensidade do LV-I em uma condição de hipóxia simulada produziu alterações psicobiológicas importantes, sendo essas percebidas de forma mais marcante em relação ao aumento dos escores de ansiedade, diminuição da percepção de bem-estar e alterações do perfil de humor. Essas alterações foram acompanhadas por uma mudança nas porcentagens de saturação funcional de oxigênio da hemoglobina arterial podendo esta estar relacionada as mudanças psicobiológicas encontradas. Mais estudos a fim de se estabelecer uma possível relação causa-efeito são necessários, particularmente aqueles que envolvam um maior número de voluntários e um maior tempo de exposição a hipóxia.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, E.O.; EKKEKAKIS, P. The transactional psychobiological nature of cognitive appraisal during exercise in environmentally stressful conditions. **Psychology of Sport and Exercise**, Illinois, v.1, n. 2, p. 47–67, jun. 2001.

ALVES, L.F.A.; RIBEIRO, A.S.A.; BRANDÃO, L.M.; TEIXEIRA, R.A.; BISOL, T. Avaliação dos efeitos da altitude sobre a visão. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, Rio de Janeiro, v.67, n.5, p.250-154, set./out. 2008.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 6 ed. USA: Philadelphia, PA:Lippincott, Williams & Wilkins, 2000.

ANDREATINI, R.; SEABRA, M.L. A estabilidade de IDATE-traço: avaliação após cinco anos. **Revista ABP-APAL**, São Paulo, v.15, n.1, p.21-25, jan./mar. 1993.

ARAÚJO, R.C. Efeitos da exposição à altitude no desempenho físico.  
[http://www.efdeportes.com/Revista Digital](http://www.efdeportes.com/Revista%20Digital), Buenos Aires, v.1, n.129, p.1-12, fev. 2009.  
Disponível em: < <http://www.efdeportes.com/efd129/efeitos-da-exposicao-a-altitude-no-desempenho-fisico.htm> >. Acesso em: 25 fev. 2010.

ARZY, S.; IDEL, M.; LANDIS, T.; BLANKE, O. Why revelations have occurred on mountains? Linking mystical experiences and cognitive neuroscience. **Med Hypotheses**. 2005;65(5):841-5.

ASKEW, E.W. Work at high altitude and oxidative stress: antioxidant nutrients. **Toxicology**, Salt Lake City, v.180, n.2, p.107-19, nov. 2002.

BAHRKE, M.S.; SHUKITT - HALE, B. Effects of altitude on mood, behaviour and cognitive functioning: a review. **Sports Medicine**, Londres, v.16, n.2, p.97–125, ago. 1993.

BAILEY, D.M.; DAVIES, B. Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. **Br J Sports Med**, Londres, v.31, n.3, p. 183-90, set. 1997.

BAILEY, D.M.; DAVIES, B. MILLEDGE, J.S.; RICHARDS, M.; WILLIAMS, S.R.; JORDINSON, M *et al*. Elevated plasma cholecystokinin at high altitude: metabolic implications for the anorexia of acute mountain sickness. **High Alt Med Biol.**, United Kingdom, v.1, n.1, p. 9-23, mar. 2000.

BATSON, C.D.; SHAW, L.L.; OLESON, K.C. Differentiating affect, mood, and emotion: toward functionally based conceptual distinctions. **In Emotion**, (edited by M.S. Clark), Thousand Oaks, CA, v.1, n. 13, p. 294–326, set. 1992.

BEEDIE, C.J.; TERRY, P.C.; LANE, A.M. The Profile of Mood States and athletic performance: two meta-analyses. **Journal of Applied Sport Psychology**, United Kingdom, v.12, n.1, p. 49– 68, set. 2000.

BIAGGIO, A.M.B.; NATALICIO, L. **Manual para o inventário de ansiedade Traço-Estado (IDATE)**. Rio de Janeiro: Centro Editor de Psicologia Aplicada- CEPA, 1979.

BLESS, H. Mood and the use of general knowledge structures. In: MARTIN, L.L.; CLORE, G.L (Eds). **Theories of Mood and Cognition**. 1.ed. Mahwah, New Jersey: Lawrence Elbaum Associates, 2001. p. 9–26.

BOLMONT, B.; THULLIER, F.; ABRAINI, J.H. Relationships between mood states and performances in reaction time, psychomotor ability and mental efficiency during a 31-day gradual decompression in a hypobaric chamber from sea level to 8848 m equivalent altitude. **Physiology and Behavior**, v.71, n.5, p.469–476, dez. 2000.

BOND, A. J; LADER, M. H. The use of analogue scales in rating subjective feelings. **British Journal of Medical Psychology**, Londres, v.47, n.3, p.211-218, set. 1974.

BONNON, M., NOEL-JORAND, M.C. e THERME, P. (1999). Criteria for psychological adaptation to high-altitude hypoxia. **Perceptual and Motor Skills**, 89, 3-18.

BORG, G.V. Simple rating methods for estimation of perceived exertion. **Physical Work and Effort** (edited by G. Borg), p. 1–416. New York: Pergamon Press. 1977.

BORG, G.V.; Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, n.14, p.377–381. 1982.

BUSS, C.; OLIVEIRA, A. R. Nutrição para os praticantes de exercício em grandes altitudes. **Rev Nutr Campinas**, Campinas, v.19, n.1, p.77-83, jan. /fev. 2006.

CURTIS, A.S.; JEROME, A. D. Control of breathing at high altitude. In: Hornbein FT, Schoene BR, editors. *High altitude: an exploration of human adaptation*. New York: Marcel Dekker; 2001. p.139-73.

FARIA, A. P.; DEHN, A.L.; FILHO, E.L; ASSIS, G.M.; PINTO, P.R.B.; SALVI, R.C.; FILHO, V.D.C. Treinamento na altitude. **Movimento & Percepção**, Espírito Santo de Pinhal, SP, v.5, n.6, jan./jun. 2005.

FERRETTI, G.; MOIA, C.; THOMET, J.M.; KAYSER, B. The decrease of maximal oxygen consumption during hypoxia in man: a mirror image of the oxygen equilibrium curve. *Journal Physiology*, Cambridge, v. 498, n.1, p.231-237, jan. 1997 *apud* MAGALHÃES, J.; DUARTE, J.; ASCENSÃO, A.; OLIVEIRA, J.; SOARES, J. O desafio da altitude. Uma perspectiva fisiológica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v.2, n.4, p.81-91, jan./jun. 2002.

FOSS, M. L.; KETEYIAN, S. J. Fox *Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 560p.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. 2 ed. London: Sage, 2005.

FOSTER, C., D. J. FRRZGERALD, and P. SPATZ. Stability of the blood lactate-heart rate relationship in competitive athletes. **Med. Sci. Sports Exerc.** 31:578 -582, 1999.



- FRIEDMANN, F.; BAUER, T.; MENOLD, E.; BARTSCH, P. Exercise with the intensity of the individual anaerobic threshold in acute hypoxia. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2004.
- FULCO, C.S.; FRIEDLANDER, A.L.; MUZA, S.R.; ROCK, P.B.; ROBINSON, S.; LAMMI, E *et al.* Energy intake deficit and physical performance at altitude. **Aviat Space Environ Med**, Washington, v.73, n.8, p.758-765, ago. 2002.
- GENDOLLA, G.H. E.; KRUSKEN, J. The joint effect of informational mood impact and performance-contingent consequences on effort-related cardiovascular response. **Journal of Personality and Social Psychology**, Washington, v.83, n.2, p.271–283, ago. 2002.
- GILBSON, G. E.; PULSINELLI, W.; BLASS, J. P.; DUFFY, T. E. Brain dysfunction in mild to moderate hypoxia. **Am J Med**. 1981;70(6):1247-4.
- GLEESON, M. The scientific basis of practical strategies to maintain immunocompetence in elite athletes. **Exercise Immunology Review**, Champaign, v.6, p.75–101, set. 2000.
- GUIMARÃES, F. S.; ZUARD, A. W.; GENTIL, V.; GRAEFF, F. G. A importância do treinamento prévio para uma melhor utilização da escala analógica de humor de Norris. **Revista da Associação Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v.10, p.5-7, 1998.
- GURVITCH, G. **Determinismes Sociaux et Liberté Humaine**. Paris: Presses Universitaires de France. v.6, n.4, 1955 apud MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. **Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade?** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 239-262, jul/set. 1993.
- HACKETT, P.H.; ROACH, R.C. High-altitude illness. **N Eng J Med**, Massachusetts, v.345, n.2, p.107-114, set. 2001.
- HOFFMAN, M.D, HOFFMAN D.R. Exercisers achieve greater acute exercise-induced mood enhancement than nonexercisers. **Arch Phys Med Rehabil** 2008;89:358-63.
- HORNBEIN, T. F.; TOWNES, B. D.; SCHOENE, R. B.; SUTTON, J. R.; HOUSTON, C. S. The cost the central nervous system of climbing to extremely higt altitude. **N Engl J Med**. 1989;321(25):1714-9.
- JONES, A.; DOUST, J. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **Journal of Sports Sciences**, Londres, v.14, n.4, p.321-327, jul. 1996.
- KOBRICK, J.L.; JOHNSON, R.F. Effects of hot and cold environments on military performance. In: GALAND, R.A.; MANGELSDORFF, D. **Handbook of Military Psychology**. New York: Wiley, 1991. p. 215–232.
- KOISTINEN, P.; TAKALA, T.; MARTIKKALA, V.; LEPPXLUOTO, J. Aerobic fitness influences the response of maximal oxygen uptake and lactate threshold in acute hypobaric hypoxia. **Int. J. Sports Med**. 26:78-81, 1995.

KOLLER, E. A.; BISCHOFF, M.; BÜHRER, A.; FELDER, L.; SCHOPEN, M. Respiratory, circulatory and neuropsychological responses to acute hypoxia in acclimatized and non-acclimatized subjects. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.** 1991;62(2):67-72.

LANDAU, S.; EVERITT, B. **A Handbook of Statistical Analyses using SPSS.** 1 ed. EUA: Chapman e Hall/ CRC, 2004.

LANE, M. A.; TERRY, P. C.; STEVENS, M. J.; BARNEY, S.; DINSDALE, S. L. Mood responses to athletic performance in extreme environments. **Journal of Sports Sciences,** Londres, v.22, n.10, p.886-897, jun.2004.

LEMO, V.A.; ANTUNES, H.K.M.; THOMATIELI, R.V.; PRADO, J.M.; TUFIK, S.; MELLO, M.T. Efeitos da exposição à altitude sobre os aspectos neuropsicológicos: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Psiquiatria,** v, 32, nº 1, 2010.

LIEBERMAN, P.; MOREY, A.; HOCHSTADT, J.; LARSON, M.; MATHER, S. Mount Everest: A space analogue for speech monitoring of cognitive deficits and stress. **Aviat Space Environ Med.** 2005;76(6 Suppl):B198-207.

LORENZ, K. A. et al. Effects of hypoxia on the onset of muscle deoxygenation and the lactate threshold. **Journal of Physiological Science,** v. 56, n. 4, p. 321-323, ago. 2006.

LOX, C. L.; RUDOLPH, D. L. The subjective exercise experiences scale (SEES): factorial validity and effects of acute exercise. **Journal of Social Behaviour and Personality,** Illinois, v.9, n.4, p.837-844, dez. 1994.

MAGALHÃES, J., DUARTE, J., ASCENÇÃO, A., OLIVEIRA, J., SOARES, J. O desafio da altitude. Uma perspectiva fisiológica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto,** vol. 2, nº 4, p.81-91, 2002.

MALLINCKRODT. **Manual do Operador – Oxímetro de Pulso Nellcor NPB-190.** 1.ed. 1999 apud FELIZARDO, K. R.; ITANO, M. E.; RAMIREZ, E. F. F. Controle de Qualidade de Oxímetros de Pulso em Hospitais. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOÉDIA: ANAIS DE TRABALHOS COMPLETOS, 2002, São José dos Campos. **Anais eletrônicos...**São José dos Campos: UNIVAP, 2002. Disponível em: < <http://www.uel.br/projetos/ec/Producao/oxipul.PDF>>. Acesso em: 19 de abril. 2011.

MAZZEO, R. S. Altitude, Exercise and Immune Function. **Exercise Immunology Review,** Berlin, v.11, n.1, p.6 – 16, 2005.

MAZZEO, R. S. Physiological Responses to Exercise at Altitude. **Sports Medicine,** Auckland, v.38, n.1, p.1-8, 2008.

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998, p.224-35; 458-73.

MCARDLE, W.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MCAULEY, E.; COURNEYA, K.S. The Subjective Exercise Experience Scale (SEES): development and preliminary validation. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, Illinois, v.16, n.2, p.163–177, jun. 1994.

MCNAIR, D.M.; LORR, M.; DROPPLEMAN, L.F. **Profile Mood States: Manual**. 1.ed. San Diego: Education and Industrial Testing Service, 1971.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 239-262, jul/set, 1993. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v9n3/02.pdf>>. Acesso em: 17 de abril. 2011.

MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F.; NETO, O. C.; GOMES, R. **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade**. 9 ed. Petrópolis: Vozes, 1998.

MOLLARD, P.; WOORONS, X.; LETOURNEL, M.; CORNOLO, J.; LAMBERTO, C.; BEAUDRY, M.; RICHALET, J.-P. Role of Maximal Rate and Arterial O<sub>2</sub> Saturation on the Decrement of VO<sub>2max</sub> in Moderate Acute Hypoxia in Trained and Untrained Men. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.28, n.3, p.186-192, mar. 2007.

MORGAN, G. A.; LEECH, N. L.; GLOECKNER, G. W.; BARRET, K. C. **SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation**. 2 ed. EUA: Lawrence Erlbaum Associates (LEA), 2005.

MUZA, S. R. Military applications of hypoxic training for high-altitude operations. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 9, p. 1625-1631, set. 2007.

OGURA, Y. et al. Sprint- Interval Training-Induced alterations of myosin heavy chain isoforms and enzymes activities in rat diaphragm: Effects of normobaric hypoxia. **Japanese Journal of Physiology**, v. 55, n. 6, p. 309-316, dez. 2005.

NOGUEIRA-MARTINS, M. C. F.; BÓGUS, C. M. Considerações sobre a metodologia qualitativa como recurso para o estudo das ações de humanização em saúde. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 44-57, set-dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/sausoc/v13n3/06.pdf>>. Acesso em: 17 de abril. 2011.

ORTEGA, V. J.; CASAL, B. G.; GARRIDO, E.; ALCÁZAR, B. Neuropsychological functioning associated with high-altitude exposure. **Neuropsychol Rev**. 2004;14(4):197-224.

ORTEGA, V. J.; GARRIDO, E.; JAVIERRE, C.; KLOEZEMAN, C. K. Human behaviour and development under high-altitude conditions. **Dev Sci**. 2006;9(4):400-10.

PAINTAL, S. A. Cognitive functions in extraordinary environments. **Indian J Med Res**. 2004;120(2):73-4.

PARKINSON, B.; TOTTERDELL, P.; BRINER, R.B.; REYNOLDS, S. **Changing Moods: The Psychology of Mood and Mood Regulation**. London: Longman, 1996.

PAVLICEK, V.; SCHIRLO, C.; NEBEL, A.; REGARD, M.; KOLLER, E. A.; BRUGGER, P. Cognitive and emotional processing at high altitude. **Aviat Space Environ Med**. 2005;76(1):28-33.

PIEHL AULIN, K.; SVEDENHAG, J.; WIDE, L.; BERGLUND, B.; SALTIN, B. Short-term intermittent normobaric hypoxia – haematological, physiological and mental effects. **Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v.8, n.3, p.132-137, jun. 1998 *apud* LANE, M. A.; TERRY, P. C.; STEVENS, M. J.; BARNEY, S.; DINSDALE, S. L. Mood responses to athletic performance in extreme environments. **Journal of Sports Sciences**, Londres, v.22, n.10, p.886-897, jun.2004.

PYNE, D.B.; GLEESON, M.; MCDONALD, W.A. *et al.* Training strategies to maintain immunocompetence in athletes. **International Journal of Sports Medicine**, Nova York, v.21, n.1, p.51-60, maio, 2000.

QIN, Y.; MA, R. S.; NI, H. Y.; FU, Z. J.; CHENG, H. W. Locating the impairment of human cognitive function during hypoxia. **Space Med Med Eng**. Pequim, 2001;14(3):218-20.

RAWAL, S.B.; SINGH, M.V.; TYAGI, A.K.; ROY, J.; DIMRI, G.P.; SELVAMURTHY, W. Effect of time exposure to high altitude on zinc and copper concentrations in human plasma. **Aviat Space Environ Med**, Washington, v.70, n.12, p.1161-1165, dez. 1999.

REYNOLDSK, R.D.; LICKTEIG, A.J.; DEUSTER, P.A.; HOWARD, M.P.; CONWAY, J.M.; PIETERSMA, A *et al.* Energy metabolism increases and regional body fat decreases while regional muscle mass is spared in humans climbing Mt. Everest. **J Nutr**, Bethesda, v.129, n.7, p. 1307-1314, jul. 1999.

ROBERGS, R.A.; QUINTANA, R.; PARKER, D.L.; FRANKEL, C.C. Multiple variables explain the variability in the decrement in VO<sub>2</sub>max during acute hypobaric hypoxia. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.30, n.6, p.869-879, 1998 *apud* MAGALHÃES, J.; DUARTE, J.; ASCENSÃO, A.; OLIVEIRA, J.; SOARES, J. O desafio da altitude. Uma perspectiva fisiológica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v.2, n.4, p.81-91, jan./jun. 2002.

ROBERTS, A.C.; BUTTERFIELD, G.E.; CYMERMAN, A.; REEVES, J.T.; WOLFEL, E.E.; BROOKS, G.A. Acclimatization to 4,300-m altitude decreases reliance on fat as a substrate. **J Appl Physiol**, Massachusetts, v.81, n.4, p.1762-1771, out. 1996.

ROECKER, K.; STREEGEL, H.; DICKHUTH, H. H. Heart-rate recommendations: transfer between running and cycling exercise? **J. Sports Med**. 24:173-178, 2003.

ROHLFS, I. C. P. M.; ROTTA, T. M.; LUFT, C. D. B.; ANDRADE, A.; KREBS, R. J.; CARVALHO, T. A Escala de Humor de Brunel (Brums): Instrumento para Detecção Precoce da Síndrome do Excesso de Treinamento. **Rev Bras Med Esporte**. 2008. Vol. 14, No 3, 176-181.

SHARP, R. F; BERNAUDIN, M. Hif1 and oxygen sensing in the brain. **Nat Rev Neurosci**. 2004;5(6):437-48.

SPIELBERGER, C.D.; GORSHUSH, R.L.; LUSHENE, E. **Manual for the State-Trait Anxiety Inventory ("Self-Evaluation Questionnaire")**. 1.ed. Consulting Psychologist Press, Palo Alto, CA, 1970.

SUDARSKY, L. Pathophysiology of the nervous system. Boston: **Little, Brown, and Company**; 1990.

TERRY, P.C.; LANE, A.M.; FOGARTY, G.J. Construct validity of the POMS-A for use with adults. **Psychology of Sports and Exercise**. United Kingdom, v.4, n.2, p.125-139, abr. 2003.

TOWNSEND, N, E.; GORE, C.J.; HAHN, A.G.; MCKENNA, M.J.; AUGHEY, R.J.; CLARK, S.A *et al.* Living high-training low increases hypoxic ventilatory response of well trained endurance athletes. **J Appl Physiol**, Bethesda, v.93, n.4, p.1498-1505, out. 2002.

VAERNES, R. J.; OWE, J. O.; MYKING, O. Central nervous reactions to a 6.5 hours altitude exposure at 3.048 meters. **Aviat Space Environ Med**.1984;55(10):921-6.

VASANKARI, T.J.; KUJALA, U.M.; RUSKO, H.; SARNA, S.; ATHOUPA, M. The effect of endurance exercise at moderate altitude on serum lipid peroxidation and antioxidative functions in humans. **Eur J Appl Physiol**, Londres, v.75, n.5, p.396-399, out. 1997.

WASSERMAN, H.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y.; WHIPP, B.J. **Principles of exercise testing and interpretation**. 4 ed. Philadelphia: Lea and Febiger, p.72-86, 1987.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J Appl Physiol**, Illinois, v.35, n.2, p.236-243, ago. 1973.

WASSERMAN, K.; KOIKE, A. Is the anaerobic threshold truly anaerobic? **Chest**, v.101, n.5, p.211-218, maio. 1992.

WEST, J. B. The Physiologic Basis of High-Altitude Diseases. **Annals of Internal Medicine**, New York, v. 141, n. 10, p. 789-800, nov. 2004.

WESTERTERP, K.R. Limits to sustainable human metabolic rate. **J Exp Biol**, v.204, n.18, p. 3183-3187, set. 2001.

WESTERTERP-PLATENGA, M.S.; WESTERTERP, K.R.; RUBBENS, M.; VERWEGEN, C.R.T.; RICHALET, J-P, GERDETTE, B. Appetite at 'high altitude' [Operation Everest III (Comex'97)]: a simulated ascent of Mount Everest. **J Appl Physiol**, Illinois, v.87, n.1, p.391-399, jul. 1999.